

【특집】

복잡계로서 생태계와 법계

김 종 욱

【주제분류】 비교철학, 불교철학

【주요어】 복잡계, 비선형 인과, 혼돈, 창발, 항상성, 자기 조직화, 생태계, 법계

【요약문】 복잡계란 ‘구성요소 간 비선형 상호작용의 체계’라고 정의되는데, 이때 복잡함이란 단순한 무질서의 혼란을 가리키는 것이 아니라, 기존 구조가 붕괴되고 신 구조가 창출되었다가 다시 붕괴되고 또 창출되는 혼돈과 질서의 피드백적인 복합성을 의미한다. 그리고 중복되는 반복이 중층적으로 끝없이 되풀이되는 ‘중중무진’이야말로 순환적 되먹임으로 인한 복잡성과 유사하다는 점에서, 복잡계는 화엄적으로 표현하면 ‘중중무진법계’라고 볼 수 있다. 이런 복잡계는 비선형적이고, 창발적이며, 비환원적이고, 항상성을 지니며, 자기 조직적이고, 부분임과 동시에 전체이며, 개방적이라는 특징을 지닌다. 특히 에너지와 물질과 정보를 교환 소통하는 개방 체계라는 점에서 복잡계는 곧 생태계를 가리킨다. 그리고 생태계는 상호의존성에 기반한 순환성과 항상성을 기본 원리로 하는데, 불교에선 이런 상호의존성을 연생성 혹은 연기법이라 한다. 이런 연기라는 원리에 의해 관류되어 있는 세계, 상호의존하여 이루어진 모든 존재자로서의 일체법이 법계이다. 따라서 비선형 복잡계와 생태계와 법계는 그 본질을 상호의존성과 연기성으로 공유하고 있기 때문에, 현대의 종합 과학으로서 시스템학과 생태학이 발견한 세계인 비선형계와 생태계는 불교적으로 표현하면 한마디로 법계라고 부를 수 있는 것들이다.

새로운 복잡성의 과학을 지배해서 그 지식을 새로운 산물에 적용할 수 있고 새로운 사회조직을 형성할 수 있는 사회가 다음 세기의 문화적 경제적 그리고 군사적 초강대국이 될 것이라고 나는 확신한다(하인츠 페이겔스, 『이성의 꿈』).

이 인용처럼 21세기 이후에는 복잡성 과학이 모든 것을 다 지배하지는 않아도, 최소한 복잡성 과학을 모르면 세상의 흐름을 제대로 따라갈 수 없으리라는 점은 분명하다. 이것은 불교의 경우도 예외는 아니다. 더욱이 이 불교사상의 근본 개념인 상호의존성으로서의 연기(緣起)는 인과의 상호의존 관계로서, 복잡성 이론의 핵심인 비선형 인과의 일종이라고 해석될 수 있다. 이 글은 복잡성 과학의 주요 개념들을 불교와 관련지어 설명하면서, 이런 시도가 생태계의 문제를 이해하는데 조금이라도 도움이 되기를 바라면서 작성되었다.

I. 서양 학문의 역사와 복잡계 과학

복잡계 과학이 나오기까지 서양의 학문사를 살펴보자. 고대(Ancient)에는 소위 철학(philosophia)이라고 하는 것이 학문 일반과 같은 의미로 쓰였을 정도로 고대 학문의 총아는 철학이었다. 로마 가톨릭이 시대를 주도한 중세(Middle)에는 철학을 대신하여 신학(theology)이 일종의 표준 학문이 되었다.

근대(Modern)가 되면 학문들의 분화가 일어난다. 철학과 신학의 이름으로 집행되었던 학문 세계에서 16세기 들어 천문학(astronomy)이 먼저 분화되고, 17세기에 물리학(physics)이 뉴턴에 의해서 분화가 되었다. 물리학이 독립하는 이유는 자연 현상을 이제는 종교나 철학이 아니라 수학에 의해 묘사하는 방식을 취하게 되었기 때문이다. 그다음 18세기에는 화학(chemistry)이 독립한다. 물질 현상에 대한 국소적인 분석이 가능해지게 되고, 아톰(atom, 원자)이라고 하는 말이 고대 데모크리토스로부터 부활하는 시기이다. 그런데 고대 그리스에서의 아

톱이 18세기에 부활되었다는 것은 단순한 용어 상의 부활이 아니라, 물질현상에 대한 분석이 환원주의적 기계론으로 넘어가게 되었음을 의미한다.

19세기가 되면 생물학(biology)이 분화된다. 생명 현상을 이른바 과학(science)이라는 이름으로 취급을 하는 것인데, 이는 의학에서 해부학이 도입되어 인체를 조직들의 결합체로 이해하게된 것과도 관련이 있다.¹⁾ 그다음으로 사회학(sociology)이 독립된 학문으로 분화되어 사회 현상을 정량적이고 통계적 방식으로 분석하게 된다. 이어서 심리현상도 기존의 신학적 영혼론이나 철학적 인식론이 아니라 실험과 관찰이 가능한 과학의 방식으로 분석하기 위해 심리학(psychology)이 분화된다.

이제까지의 과정을 살펴보면, 과거에 만학의 여왕이라는 이름으로 철학이 일체 현상을 종합적으로 파악하던 것으로부터, 자연현상 물질현상 생명현상 사회현상 심리현상 등을 독립적인 과학으로 분석하는 제반 분과 학문들이 성립함에 따라, 현대에 이르러 철학의 운명이 과거의 영화를 추억하는 즐거움으로 살아가는 쓸쓸한 노년의 삶이 되리라는 것은 충분히 예상되었던 일임을 알 수 있다. 이제 철학만의 고유한 분야를 찾기는 쉽지 않으며, 제반 분과 현상을 총괄하는 통합적 지혜의 안목을 제시해 주는 것이 요구된다고 하겠다.

현대 과학의 이론에서 이런 통합적 지혜에 부응하는 것이 바로 시스템적 사유이다.²⁾ 베르탈란피(Bertalanffy)에 의해 시작된 시스템 이론(system theory)은 2차대전을 전후하여 무기 체제의 개발에서 싹튼 위너의 사이버네틱스 시스템과 관련이 깊다.³⁾ 미사일을 개발해 목표물에 정확히 날아가기 위해서는 자기 수정이 필요했는데, 그래서 등장한 것이 사이버네틱스이다. 사이버네틱스(cybernetics)가 그리스어

1) 김영식 편저, 『과학사개론』, 다산출판사, 1990, 209, 367쪽 참고.

2) 복잡성 이론이 통합적 지혜의 과학이라는 점에 대해선 David Z. Rich, *Order and Disorder*, Praeger Publishers, 2001, pp.13-16 참고.

3) 루드비히 폰 베르탈란피, 현승일 역, 『일반체계이론』, 민음사, 1990, 42쪽; 박창근, 『시스템학』, 범양사출판부, 1997, 43쪽 참고.

키잡이(kybernetes)에서 유래한 데서도 알 수 있듯이, 키를 조절해 배가 가듯 사이버네틱스의 핵심은 자동제어 장치이다. 사이버네틱스에서 자동제어 장치는 크루즈 미사일 등에서 위력을 발휘하지만, 자동제어가 자기조절로 해석될 경우 그것은 생태학이나 신경학 면역학 등에서 활용되며, 자동제어가 자기조직화로 이해될 경우에는 생물학 인공지능학 또는 진화론 등에서 아주 유용하게 쓰이게 된다.

복잡계 과학을 이해하기 위해서는 이런 사이버네틱스(cybernetics, 자동제어)를 포함해 이른바 네 가지의 C,⁴⁾ 즉 카타스트로피(catastrophe, 파국, 작은 변화에 의한 급격한 상태 전환) 카오스(chaos, 혼돈, 무질서) 컴플렉시티(complexity, 복잡성) 등을 이해해야 한다. 그리고 이들을 제대로 이해하기 위해서는 먼저 엔트로피와 진화의 충돌 문제를 이해해야 한다.

19세기에 발견된 열역학 제2법칙에 따르면, 모든 것은 엔트로피가 증가되는 방향으로 간다.⁵⁾ 엔트로피를 무질서의 정도라고 해석할 경우, 모든 것은 무질서가 증가되는 쪽, 즉 파국을 향해 가는데, 생자필멸(生者必滅)이라는 관점에서 보면 당연한 말인 것처럼 보인다. 그런데 우주 전체가 그런 방향으로만 간다면, 생명체는 등장을 하지도 않았을 것이고, 설령 등장하더라도 진화의 역사를 거쳐 가면서 점점 더 정교해지고 잘 적응해나가는 것이 설명되기 어렵다. 다시 말해 물리계에서의 엔트로피 증가의 법칙과 생물계에서 보이는 정교해져가는 진화 과정이 상충되는 것이다. 프리고진(Prigogine)과 얀치(Jantsch)에 따르면 이 문제의 해결은 모든 시스템을 닫힌(closed) 시스템이 아니라 열린(open) 시스템으로 간주함으로써 가능해진다.⁶⁾ 서로 간에 흑

4) 윤영수, 채승병, 『복잡계개론』, 삼성경제연구소, 2006, 92쪽, David Z. Rich: 앞의 책, p.85 참고.

5) 시스템이 무질서를 향해 간다는 열역학 제2법칙이 모든 현상에 다 들어맞는 것은 아니며, 무질서가 아닌 질서를 향해 가기도 한다는 점을 발견한 것이 바로 복잡성 과학의 성과라는 점에 대해선 Roger Lewin, *Complexity: Life at the Edge of Chaos*, The University of Chicago Press, 1999, 183 참고.

6) 일리아 프리고진, 이사벨 스텐저스, 유기풍 역, 『혼돈 속의 질서』, 민음사, 1990, 274, 379쪽; 에리히 얀치, 홍동선 역, 『자기 조직화하는 우주』, 범양사

은 내외부 간에 열려 있음으로써 구성요소들 사이에 비선형의 상호작용이 끝없이 되풀이되는 복잡한 시스템이 우리의 우주라는 것이다. 이런 관점에서 성립한 복잡계(complex system) 과학은 21세기의 대표 학문인 생태학과 인지과학에서 이론적 근거의 역할을 하고 있다.

II. 복잡계와 비선형 인과

1. 복잡계의 정의

복잡계(complex system)란 ‘구성요소 간 비선형 상호작용의 체계’라고 학문적으로 정의할 수 있다.⁷⁾ 구성요소 간 비선형적으로 상호작용하므로 복잡하다는 말이다. 그런데 이를 분명히 이해하기 위해서는 우선 ‘복잡하다’는 말에 담긴 두 가지 뜻을 구분할 줄 알아야 한다. 영어에서 ‘복잡한’이란 뜻의 말에는 complicated와 complex가 있다.⁸⁾ complicated는 실타래가 과도하게 겹쳐서 뒤얽혀 있는 것처럼, 그야말로 전혀 ‘질서 없는 무질서’ 그 자체를 말한다. 이에 비해 complex는 낱줄과 씨줄이 섞여 직물을 이루듯이 나름대로의 ‘질서 있는 무질서’를 가리킨다. ‘질서 있는 무질서’란 무질서 속에서 질서를 찾는 것, 즉 프리고진의 표현대로 하면 ‘혼돈으로부터의 질서(order out of chaos)’이고,⁹⁾ 혼돈과 질서의 무한 반복을 뜻하기도 한다. 다시 말해 complex로서 복잡함이란 단순한 무질서의 혼란을 가리키는 것이 아니라, 기존 구조가 붕괴되고 신 구조가 창출되었다가 다시 붕괴되고 또 창출되는 혼돈과 질서의 피드백(feedback)적인 복합성을 의미한다.

변수(變數)가 상수(常數)가 됨에 따라 기존의 질서는 붕괴되어 혼돈

출판부, 1989, 60, 95, 204쪽 참고.

7) 윤영수, 채승병, 앞의 책, 59쪽; 박창근, 『시스템학』, 범양사출판부, 1997, 23쪽 참고.

8) 윤영수, 채승병, 같은 책, 19쪽.

9) 일리아 프리고진, 이사벨 스텐저스, 앞의 책, 36쪽 참고.

을 꺾다가 새로운 질서로 창발하고, 새로운 질서가 어느덧 기존 질서화 됨에 따라 혼돈과 창발을 다시 반복한다. 이처럼 혼돈과 질서의 순환적 반복으로 인한 복잡성, 원인과 결과의 순환적 되먹임으로 인한 복잡성은, 모든 존재가 홀로 있지 않고 첩첩이 겹쳐진 가운데 서로 얽히고 마주 반영함이 마치 제석천 궁전에 걸린 보석그물의 각 보석구슬마다 서로 다른 일체 구슬의 비추어짐이 끝없는 것과도 같으므로, 화엄학식으로 표현하자면 complex로서의 복잡함은 ‘중중무진(重重無盡)’이라 할 만하다. 중복되는 반복이 중층적으로 끝없이 되풀이되는 ‘중중무진’이야말로 순환적 되먹임으로 인한 복잡성인 complex와 유사한 것이다. 따라서 복잡계(complex system)는 불교적으로 표현하면 ‘중중무진법계(重重無盡法界)’라고 할 수 있다.

2. 선형 인과

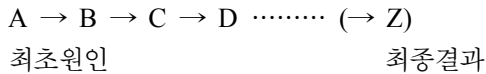
복잡하다는 것은 비선형 인과 또는 되먹임(feedback)과 관련된 개념이므로,¹⁰⁾ 복잡성을 이해하려면 인과의 두 방식, 즉 선형 인과와 비선형 인과를 이해해야 한다. 선형 인과는 19세기까지의 표준적인 인과 모델이었다. ‘선형적(linear)’이란 ‘원인에서 결과로 한 방향으로만 직선적으로 영향을 줌’을 의미한다. 이러한 의미의 ‘선형적(linear)’이란, 원인에서 결과로 영향을 주기만 하지 그 결과가 거꾸로 원인에게는 어떠한 영향도 미치지 않는다고 본다는 점에서 ‘일방향적(unilateral)’이며, 결과가 다시 원인에 복잡하게 되먹임 되는 것을 배제하기 때문에 결과의 예측과 처리가 용이하게 된다는 점에서는 ‘단순한(simple)’ 것이기도 하다.¹¹⁾ 이렇게 단순하고도 일방향적으로 원인이 결과에 영향을 주므로, 원인은 결과에 대한 영향력의 총화로서 가치론적 우월성 내지는 종교적 초월성을 담보하는 것이 되기도 한다. 역사상 모든 유신

10) 윤영수, 채승병, 앞의 책, 59쪽 참고.

11) 서구의 근대철학이 단순성(simplicity)을 진리의 표준으로 삼아 복잡한 현상을 제일 원리로 환원하려 했다는 점에 대해선 Klaus Mainzer, *Thinking in Complexity*, Springer Verlag, 1997, p.15 참고.

론적 종교는 제일의 원인을 최고의 원인으로 간주하여, 원인성을 이들 신에게 초월적 능력을 부여하기 위한 근거로 삼아 왔다.

이러한 선형 인과를 도식화하면 다음과 같다.¹²⁾



A라는 원인이 B라는 결과를 낳고, B가 또 원인이 돼서 C라는 결과를 낳고, 그래서 Z라는 최종 결과까지 가게 된다. 마치 당구 게임에서 A공이 B공에게 충격을 주고, B가 C에게 충격을 주어 도미노 게임 하듯이 계속 영향을 주는 방식이다.

그래서 최초의 원인이 있다면 최종 결과까지 이어지게 되는데, 이 최종 결과를 목표(telos)라고 간주한다면 이것은 목적론(teleology)이 된다. 사물은 반드시 어떤 주어진 목적과 목표를 향해서 운동한다는 이런 목적론은 아리스토텔레스가 제기한 사물 해석 방식이다. 그런데 원인으로 인한 결과의 일방향성에 호소한다는 점에서는 플라톤의 이데아(idea)론도 마찬가지이다. 이데아처럼 어떤 것의 원본이 되는 A가 표준적 본(本, paradeigma)으로서 자신의 형상을 B라는 사물에게 나누어 주어 모사케 하는 방식이다. 모사(模寫)와 분유(分有)의 방식을 취하는 이상, B가 지닌 것들은 A라는 원본 속에 이미 있던 것을 본 떠온 것에 불과하기 때문에, 선행하는 원인 속에 이미 가졌던 것이 유출되는 방식이라고 할 수 있다. 최고의 원인으로서 조물주가 자신의 ‘신의 형상(imago Dei)’ 대로 인간을 만들었다는 기독교의 창조(creatio)론 역시 고대 이데아론 혹은 형상론의 중세적 버전일뿐, 원인에게 일방적 초월성을 부여한다는 점에서는 차이가 없다.

또한 근대에 각광받는 기계론(mechanism)은 기계가 부품의 집합이듯이 전체는 부분의 집합이고, 세계에는 입자화된 최소 부분들 간의

12) 조에너 메이시, 이종표 역, 『불교와 일반시스템이론』, 불교시대사, 2004, 33쪽 참고.

기계적인 역학 관계만 남는다고 주장한다. 여기서는 최고 원인의 초월성과 최종 결과의 목적성에서 오는 신비만 사라졌지, 역학 관계가 지닌 인과의 도미노 게임적 성격은 더욱 강화된다. 이렇게 볼 때 플라톤의 이데아론이나 아리스토텔레스의 목적론, 또는 흔히 목적론과 반대된다고 여겨지는 기계론 등은 비선형 인과의 입장에서 보면 모두 마찬가지로 할 수 있다.¹³⁾ A에서 Z까지의 인과의 도미노에서, 이데아론과 창조론은 A라는 원인이 지닌 최고원인의 권위에 관심을 가진 것이라면, 목적론은 Z라는 최종 결과의 목표지향성에 초점을 둔 것이고, 기계론은 B C D라고 하는 과정 자체의 기계적 연쇄에 중점을 둔 것인데, 결국 인과가 선형적으로 원인에서 결과로 일방향으로만 간다는 점에서는 하등 다를 게 없는 것이다.

인도의 경우 불교 출현 당시의 대표적인 이론이 인중유과론(因中有果論)이다. 브라만교에서는 브라만이라는 최고원인 속에 있던 것이 결과로서 유출 전변된 것이 마야(māya, 幻)로서 이 세상이라고 한다. 이것은 원인 속에 이미 다 갖추어져 있던 것이 결과로서 있게 된 것이므로, 인중유과론(因中有果論)이라고 한다.¹⁴⁾ 환상(māya, 幻)의 현상 세계 이면에 불변의 실재로서 본체(Brahman)가 따로 있다고 하는 견해인데, 이는 초현상적인 근원에서 잠재력과 효력이 한 방향으로만 흘러가는 것이라는 점에서 전형적인 선형 인과론이라고 할 수 있다.

이렇게 인과 방식에 있어서 ‘일방향성’인 ‘선형 인과(linear causality)’는 이미 원인 속에 충만하게 있었던 것들이 풀려나가는 방식이라는 점에서 원인의 ‘충만성’을 간직하고 있고, 최초의 원인 쪽으로 다가갈수록 불변하는 완전함의 정도가 높아져가는 방식이라는 점에서 원인의 ‘완전성’을 담보하고 있다. 그런데 이럴 경우 충만성과 완전성의 강도에 따라, 원인으로부터 사다리의 구조처럼 사물의 각 계층이 서열화되어 내려오는 위계질서(hierarchy)가 이루어지게 된다. 원본과 복사본, 창조주와 피조물, 실재와 환상 등이 주인과 하인, 근본과 말단

13) 조에너 메이시, 앞의 책, 35-39쪽 참고.

14) 같은 책, 43쪽.

등으로 위계질서화되는 것인데, 여기서 우리는 선형 인과가 결국에는 사물 세계의 존재방식도 철저한 계급적 질서의 방식으로 설명하려는 것임을 알 수 있다.

더욱이 이처럼 사물 세계의 방식도 철저한 계급적 질서의 방식으로 설명하는 식이 될 경우, 원인성의 권위와 인과의 기계적 전개방식을 장악함으로써 사회의 통제뿐만 아니라 자연의 통제도 훨씬 용이해진다. 선형 인과를 통해 기계적으로 정량화된 심플한 법칙을 가지고 설명을 단순화함으로써 결과의 예측이 쉬워지고, 예측 가능성의 증대를 통해서 통제가 더욱더 원활해지게 되는 것이다. 이런 선형 인과에 따른 기계적 통제 방식은 마치 레고 벽돌로 집짓기를 하듯 최소자로 환원된 요소들의 조합을 통해 세계를 기계적으로 축조하려 한다는 점에서, 이런 식의 사유는 일종의 ‘레고 사유’(lego-style thought)이다. 이것은 근대적 합리성에 기반해 산업적 생산효율성과 자연의 도구적 이용성을 강조하는 기존의 주류 서양 사유이며, 더 이상 분할할 수 없는 개별자들의 독자성과 그들 본질의 영속적 고정성을 지향한다는 점에서 실체론적 사고방식이기도 하다.

3. 비선형 인과

서양의 고대 중세 근대까지의 인과 해석은 선형적(linear)이었지만, 오늘날 시스템 이론이나 복잡성 과학에서 인과의 해석은 비선형적(non-linear), 즉 선형 인과를 거부하는 방식이다.¹⁵⁾ 비선형 인과 역시 인과율이므로, 모든 것을 원인과 결과의 관계로 본다. 따라서 비선형 인과에서도 원인에서 결과로의 영향은 당연히 인정되지만, 그 결과가 다시 원인에게 영향을 주어 원인을 재구조화되게 만든다고 본다는 점에서는 선형 인과와 차이가 난다. 그러므로 원인과 결과는 서로에게 영향을 주는 상호작용을 하기 때문에, 비선형 인과(non-linear causality)는 상호 인과

15) 자연현상이나 경제현상, 대뇌현상 등 세계 내의 흥미로운 현상 대부분이 비선형적이라는 점에 대해선 Mitchell Waldrop, *Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*, Simon & Schuster, 1992, p.65 참고.

(mutual causality)라고도 불리우며, 이렇게 원인과 결과가 비선형적으로 상호작용을 하므로 복잡(complex)하다고 하는 것이다.

이러한 인과의 비선형적 상호성은 오히려 불교에서, 특히 12연기(緣起) 개념에서 잘 드러난다.¹⁶⁾ 일반적으로 이해된 12연기는 무명(無明) 행(行) 식(識) 명색(名色) 육입(六入) 촉(觸) 수(受) 애(愛) 취(取) 유(有) 생(生) 노사(老死) 등의 인과 계열로 내려가는 방식이다. 무명이 원인이 되어서 행을 낳고, 그리고 행을 원인으로 해서 식을 낳고, 그렇게 해서 계속 내려가는 방식으로서, 이것은 일종의 선형 인과적 작동 방식이라고 해석할 수 있다.

통상적으로 보면 무명이 행을 낳는 것은 사실이다. 실상에 무지하기 때문에 행이라고 하는 맹목적 삶의 의지가 강화되는 것이고, 그래서 선형적이다. 그러나 그렇게 주어진 맹목적 삶의 의지가 강화될수록 무지는 더 심화되는 것 역시 사실이고, 이것은 오히려 행이 무명을 강화시키는 것으로서, 일종의 비선형적 방식이다. 다음으로 저 행이 식을 낳고, 그래서 그렇게 맹목적인 삶의 의지가 인식을 지배하는 것도 분명 중요한 사실이다. 그러나 그렇게 해서 인식이 계속 강화된다 보면 그 인식이 저 의지의 맹목이고, 더욱 강화시켜 버리게 되는 것 역시 사실이다. 이것은 거꾸로 결과가 원인에게 그 영향을 다시 피드백하는 것이다. 이처럼 12연기를 선형 인과가 아니라 비선형 인과로 해석할 경우, 니까야에서 우리가 예외라고 미루어두었던 구절들을 온전히 해석할 수 있고, 12지(支)가 아닌 10지 8지 등으로 나아가도 문제가 없으며, 1지 하나 속에서 나머지 11지가 다 들어가 있다는 식으로도 해석할 수도 있게 된다.

이처럼 인과의 비선형적 피드백은 과학 분야뿐만 아니라 불교에서도 잘 드러나는데, 이런 비선형 인과는 아래와 같이 도식화될 수 있다.

………… A ↔ B ↔ C ↔ D ……………

16) 조에너 메이시, 앞의 책, 103-109쪽 참고.

선형 인과에서는 A가 원인이 되어 B라는 결과를 낳기만 할 뿐, 그 B가 다시 A에게 어떤 영향도 주지 못한다. 그러나 비선형 인과에서 B는 A라는 자기를 낳은 원인에게도 영향을 주고, 또 C라는 결과를 낳기도 하며, C는 다시 B에게 가고 B를 거쳐 다시 A에까지도 갈 수 있다. 이렇게 보면 사실 C 속에는 이미 A, B와 D, E, F도 이미 다 읽을 수 있는 그런 방식이 내재해 있다고 볼 수도 있다. 이런 것은 부분이 곧 전체(一卽多 多卽一)라고 하는 화엄적 해석 방식을 연상시키는데, 이는 인과가 비선형적 피드백 시스템이기 때문에 가능한 것이다. 더욱이 A에서 B, C, D로 가기도 하면서, B가 A로 또는 C가 A로 거꾸로 가기도 하기 때문에, 인과의 회오리가 일어나서 마치 인드라의 그물처럼 복잡한 조건들의 네트워크를 형성하게 되고, 초기 조건의 민감성에 따른 이른바 나비효과(butterfly effect) 같은 것도 일어나게 된다.

이처럼 원인과 결과가 계속 비선형적으로 피드백하면서 에너지와 정보의 교환과 처리를 통해서 총체적인 네트워크로서 작용을 하게 된다. 그런데 이런 피드백에는 네거티브 피드백과 포지티브 피드백 두 가지가 있다.¹⁷⁾ 네거티브 피드백(negative feedback)이란 엔트로피(entropy, 무질서의 정도, 사용할 수 없는 에너지 총량)의 감소 혹은 엔트로피를 향한 저항을 말한다. 무질서의 정도가 감소한다는 것은 질서화가 되어 간다는 뜻이므로, 네거티브 피드백은 조직체의 형성을 가리키고, 조직체를 형성해 평형을 잘 유지하여 그 상태를 일정 기간 유지하고자 하는 항상성을 함축하기도 한다. 이에 비해 포지티브 피드백(positive feedback)은 엔트로피의 증가 또는 엔트로피의 수용을 말한다. 무질서의 정도가 증가한다는 것은 질서가 붕괴되어 간다는 뜻이므로, 포지티브 피드백은 조직체의 해체를 가리키고, 기존 질서나 패러다임의 변화, 혹은 하위 단계에서 미처 예측하지 못한 현상이 상위 단계에서 돌발적으로 출현하는 창발 현상을 함축하기도 한다.

신진대사 작용을 통해 하루 하루 계속 먹고 배설하며 개체를 유지

17) 조애너 메이시, 앞의 책, 133-135쪽; 윤영수, 채승병, 앞의 책, 59-60쪽 참고.

하는 우리의 인생은 일종의 네거티브 피드백이고 엔트로피의 저항이다. 그러나 생자필멸로서 살아있는 모든 것은 죽음이라는 파국과 급격한 변화를 맞이할 수밖에 없는데, 이런 생명체의 필연적인 운명은 포지티브 피드백이고 엔트로피의 수용이다. 이처럼 사물 세계의 대체적인 질서는 엔트로피가 증가되는 쪽으로 가는 것이지만, 그럼에도 불구하고 살아있는 모든 생명체는 엔트로피를 줄여 자기를 유지 보존하는 방향으로 살 수밖에 없다.

엔트로피 증가와 감소가 상충되는 이런 ‘어긋남’이 불교에서 말하는 고(苦, dukkha)라고 볼 수 있다. dukkha는 어원적으로 ‘어긋남’이라는 뜻이다.¹⁸⁾ 사물의 질서는 엔트로피가 증가되는 쪽으로 갈 수밖에 없고 죽음을 향해 가는 데 반해서, 살아있는 모든 생명체는 살아있기 때문에 엔트로피를 감소시키는 쪽으로 갈 수밖에 없고, 이렇게 증가와 감소가 어긋나므로 정서적으로는 ‘불만족’의 상태에 빠져 괴로움을 겪지 않을 수 없게 된다. 그렇다면 일체개고(一切皆苦)라는 것은 비판적 염세주의의 표현이 아니라, 엔트로피 상에서 보면 당연한 사물의 실상이라고 볼 수 있다.

그런데 네거티브 피드백이든 포지티브 피드백이든 인과의 피드백은 인과의 상호 작용이고, 따라서 원인과 결과는 실체적 독립이 아니라 상보(相補) 혹은 상호 의존하는 것이다. 그래서 『중론』에서는 인과의 고립적 우월성을 인정하지 않고, 인선과후(因先果後)임과 동시에 과선인후(果先因後)라 하여, 인과를 무자성(無自性)의 공(空)으로서 연기(緣起)한 것으로 보고 있다.¹⁹⁾ 이것은 피드백적인 비선형 인과가 기본적으로 ‘상호의존성’(interdependence, 緣起)에 기반하고 있음을 의미한다.

생태학과 불교가 공유하는 ‘상호의존성’이란 수많은 조건들 간의 끊임없는 상호 관계 작용을 가리킨다는 점에서, 상호의존성의 사유는 관계론적 사고방식을 말하며, 다중적 조건들의 끝없는 얽힘과 되먹임(피드백)을 함축한다는 점에서, 상호의존성의 사유는 일종의 ‘그물 사유(net-

18) Monier Williams, *Sanskrit-English Dictionary*, Oxford, 1960, p.483 참고.

19) 龍樹, 『中論』, 觀因緣品, 11-14偈 참고.

style thought)’이다.²⁰⁾ 이런 ‘그물의 사유’를 현대적으로 표현하면 ‘네트워크의 사유’이고, 불교식으로 표현하면 ‘인드라망의 사유’이다.

4. 선형 사유와 비선형 사유

선형 인과의 기반이 되는 레고식 선형 사유와 비선형 인과의 기반이 되는 그물식 비선형 사유를 몇 가지 중요 개념들에 대한 시각 차이에서 비교해 보자.

선형 사유에서 ‘관계’란 언제나 실체적 관계이기에, 실체가 먼저 있고 그다음에 실체들 간의 관계가 있는 것으로 된다. 그러나 비선형의 사유에서 ‘관계’란 비실체적 관계이기 때문에, 관계의 네트워크가 먼저 있고 함수상의 위치에 따라 그때그때의 사건들이 있게 된다. 선형의 사유가 실체(substance, object, 物)를 지향한다면, 비선형의 사유는 사건(event, Ereignis, 事)²¹⁾을 추구한다. 그러므로 실체 지향의 레고 사유에서 ‘인과’ 관계는 주어진 초기 조건이 항상 동일한 결과를 기계적으로 담보하는 ‘선형적 인과’이며, 이런 ‘단힌 인과’·‘협소한 인과’·‘단선적 인과’의 집합체가 근대적 의미에서의 자연(nature)이다.²²⁾ 이에 비해 사건 지향의 그물 사유에서 ‘인과’ 관계는 초기 조건과 결과가 복잡한 피드백으로 얽혀 있는 ‘비선형적 인과’이며, 이런 ‘열린 인과’·‘확장된 인과’·‘복합적 인과’들로 이루어진 시스템이 생태계와 법계(法界)이다.

선형 사유에서 ‘전체’는 레고 개수의 합이기에, 부분의 합이 곧 전체이지만, 비선형 사유에서 ‘전체’란 서로를 반영하는 무시무종의 그물망 자체이므로, 전체는 부분의 합 그 이상을 의미한다.²³⁾ 따라서 비선형 사유에서 ‘전체’가 자기조직성을 통해 자치와 자율을 확보할 수

20) 김종욱, 앞의 논문, 63쪽.

21) Ereignis란 하이데거 철학에선, 존재가 각 존재자에서 고유하게 드러나는 사건을 가리킨다.

22) 장은성, 『복잡성의 과학』, 전파과학사, 1999, 53-67쪽 참고.

23) 같은 책, 95쪽.

있는 것인 데 비해서, 선형 사유에서 ‘전체’는 그런 가능성을 구현하기가 용이한 일이 아니다. 또한 선형의 사유에서 ‘부분’은 하나의 레고 조각처럼 전체의 하부일 뿐이기 때문에, 전체에서 쉽게 떼어낼 수 있고, 그래서 조작과 통제와 지배가 용이하다. 그러나 비선형의 사유에서 ‘부분’은 인드라마의 보석 구슬처럼 전체를 반영하므로, 전체에서 그것만 떼어내는 것은 불가능하고, 그래서 조작과 통제와 지배를 기획하기가 쉽지 않다.

또한 선형 사유는 기본적으로 실체론(→ 自性論)²⁴이기에, 거기서 ‘고유성’이란 원래부터 타고난 자신만의 것을 의미한다. 그래서 선형의 사유는 전체와 무관하게 자기만의 고유성을 발현하는 것을 지향하지만, 그럴수록 전체와의 단절로 인해 부품화되어 대체될 가능성은 그만큼 높아진다. 그렇지만 기본적으로 관계론(→ 緣起論)인 비선형의 사유에서 ‘고유성’은 오직 다른 것과의 관계에서 함수적으로만 주어지는 잠정적 특이성(→ 假施設, *prajñapti*)²⁵을 의미한다. 그러므로 비선형 사유는 전체와의 조화 속에서 고유성을 발현하기를 지향하며, 전체와의 그런 유기적 관련으로 인해 부품적 대체가능성의 정도는 그만큼 낮아진다.

이런 상이한 관점의 차이는 생태계의 한 특징인 ‘항상성’을 이해하는 데서도 발견된다. 실제 지향의 선형 사유에서 항상성은 변화를 부정하는 항상성, 즉 *constancy*이다. *constare*가 *substare*를 함축하듯이, 다시 말해 함께(*con*) 계속 섬(*stancy*)이 변화 밑에(*sub*) 계속 그대로 섬(*stance*)을 시사하듯이, 선형적 항상성은 불변적 실체성을 가리킨다. 그리하여 선형 사유에서는 신과 자아처럼 항상 불변의 자기 동일성이 그 궁극적 지향점이 된다. 그러나 생태학적 그물의 비선형 사유에서

24) 자성(自性, *svabhāva*)이란 문자 그대로 ‘스스로 있음’(*sva-bhāva*)이라는 점에서 자기만의 존재 방식을 지니고 있는 것을 뜻하고, ‘언제나 있음’(*sarvadā-bhāva*)이라는 점에서는 삼세의 찰나마다 실재하는 것을 의미한다. 자성은 이처럼 ‘자기-존재’(개체)와 ‘지속-존재’(본질)를 가리킨다는 점에서, 서구 형이상학의 실체(*substantia*)와 매우 흡사한 개념이다.

25) *prajñapti*란 필요에 따라 일시적 잠정적으로 언설을 통해 임시로 설치해 놓은 것이라는 점에서 假施設, 혹은 줄여서 假라 한역한다.

항상성은 언제나 변화를 인정하는 항상성(homeostasis)이다. 이것은 마치 파도타기나 외줄타기에서처럼 변화 속에서 혹은 변화를 통해서 비슷하게(homeo) 균형(stasis)을 유지하는 것을 말한다. 이런 처처즉응(處處卽應)의 민감함이 유지되기 위해선 딱딱하게 고정된 항상 불변의 동일성을 비워내고(→ 無自性 空), 어느 극단에도 치우침 없이 다양한 차이를 존중하는 유연하고 개방된 평형(→ 中道)을 도입할 필요가 있다.

이상에서 볼 때 선형 사유에서는 부분과 전체가 상호 대립하여, 일비다(一非多) 다비일(多非一)이어서, 전체론과 개체론이 이원적으로 분화되지만, 비선형 사유에서는 부분과 전체가 상극 상입하여, 일즉다(一卽多) 다즉일(多卽一)이어서, 전일론(全一論)이라는 방식으로 비이원적 조화를 이룬다고 하겠다.

우리가 사소해 보이는 하나의 사건 속에도 우주 전체의 역사성이 담겨 있다고 통찰할 때, 그 사건의 의미는 가장 존중받을 수 있다. 이처럼 하나 속에서 전체와의 관련성을 이야기하는 것은, 하나가 전체에 종속되어 있음을 말하는 것이 아니라, 하나하나가 전체를 반영하는 무게와 가치를 지님을 강조하기 위한 것이다. 여기서 하나 속에 전체성의 무게가 침투해 들어옴(相入)으로써, 모두가 모두에게 영향을 미친다는 것이 상호의존의 연기(緣起)를 가리킨다면, 그리하여 하나가 전체만큼의 무게를 지니므로(相卽), 모두가 대등하게 소중하다는 것은 상호존중의 자비(慈悲)를 가리킨다.²⁶⁾ 이처럼 ‘연기(緣起)–공(空)–자비(慈悲)’라는 불교의 근본 사상을 ‘상호의존성–비실체성–상호존중성’이라는 생태학적 함의로 해석하는 것이 불교생태학적 사유이며, 그 핵심은 비선형적 상호의존성에 있다.

26) 김종욱, 앞의 논문, 65쪽.

Ⅲ. 복잡계의 일반적 특징

1. 복잡계는 비선형적이다

시스템은 원인과 결과가 상호 영향을 미치는 비선형 인과로 작동한다. 따라서 초기의 미시적인 작은 차이가 비선형 인과의 복잡한 피드백 과정을 통해 시간에 따라 크게 증폭되어 거대한 발전을 야기한다. 이런 현상을 혼돈(chaos)이라 하는데, 혼돈(chaos)의 본질은 초기 조건의 민감성(sensitivity to the initial condition)에 있고,²⁷⁾ 이로 인해 소위 나비효과(butterfly effect) 등을 낳을 수 있다.²⁸⁾ 이런 현상은 포지티브 피드백에 의해 엔트로피가 증가되어 질서가 붕괴되는 측면을 나타낸다.

2. 복잡계는 창발적이다

시스템상의 혼돈은 무질서로 끝나는 것이 아니라, 혼돈으로부터 새로운 질서를 창발적으로 만들어낸다.²⁹⁾ 창발(創發, emergence)이란 하위 차원에서 예측할 수 없었던 것이 상위 차원에서 돌발적으로 새롭게 출현하는 현상을 말한다.³⁰⁾ 이런 창발 현상은 포지티브 피드백(질서 붕괴)에서 네거티브 피드백(질서 유지)으로 이행해 가는 점점의 역할을 하며, 이를 통해 새로운 질서가 창출된다.

이런 창발 현상은 단백질과 세포, 신경세포와 뇌, 개별 생물과 생태계 사이의 관계에서 확인되는데, 상위 차원(세포, 뇌, 생태계)은 하위 차원을 구성하는 부분적 요소들에서는 찾아보기 힘든 조화로운 통

27) 윤영수, 채승병, 앞의 책, 111쪽; 슈테판 그레시크, 박상화 역, 『카오스와 카오스의 질서』, 자음과 모음, 2010, 30쪽 참고.

28) 김승환, 『복잡성의 과학: 자연 속의 숨은 질서』, 에코포럼 편, 『생태학적 상호의존성과 인간의 욕망』, 동국대출판부, 2006, 116쪽.

29) 창발 개념이야말로 복잡성 과학의 최대 메시지라는 점에 대해선 Roger Lewin, 앞의 책, p.191 참고.

30) 윤영수, 채승병, 앞의 책, 55, 67쪽; 장은성, 앞의 책, 96-98쪽 참고.

합체를 이루고 있다.³¹⁾ 다시 말해 세포 내에서 자체적으로 소화하고 분열하는 생활체의 현상은 단백질에 담긴 고분자 화합물이라는 물질적 성질들 그 이상의 것이고, 뇌의 심리 현상 전체에서 일어나는 전일적(全一的) 조화는 개별 신경세포가 지닌 전기 화학적 성질들 그 이상의 것이며, 생태계 전체에서 이루어지는 환경과의 자기조절적인 조화는 대사와 생식으로 작동하는 개별 생명체들의 유기체적 생사 현상 그 이상의 것이 된다. 이러한 창발성은 전체는 단순히 부분들의 집합이 아니라, “전체는 부분들의 합 이상이다(A whole is more than the sum of its parts)”³²⁾는 것을 함축한다.

3. 복잡계는 비환원적이다

복잡계가 비환원적이라는 것은, 복잡계는 기계론으로는 설명할 수 없다는 말이다. 근대의 기계론(mechanism)은 “전체는 부분들의 합이다”는 전제하에서 움직이지만, 복잡계는 “전체는 부분들의 합 이상이다”는 전일론(全一論, holism)의 관점에서만 설명된다. 기계론에서는 기계는 부품의 집합이듯, 전체는 부분의 집합이라고 전제한 다음, 물체는 원자의 집합이고, 세포는 분자의 집합이며, 생물은 세포의 집합이라고 주장한다. 따라서 전체(물체, 세포, 생물)는 부분(원자, 분자, 세포)으로 환원될 수 있고, 부분들의 재조합을 통해 전체를 통제 조정할 수 있다고 여긴다.³³⁾ 그러나 복잡계 시스템은 그 패턴들을 바꾸지 않는 이상, 부분적 요소들로 환원될 수 없는 비누적적 전체로서, 기계론적 환원주의로 접근할 수 없는 전일론적 통합체(holon)³⁴⁾이다.

31) 스티븐 존슨, 김한영 역, 『이머전스』, 김영사, 2004, 6쪽 참고.

32) 박창근, 앞의 책, 131쪽; 장은성, 앞의 책, 95쪽; 최종덕, 『부분의 합은 전체인가』, 소나무, 1995, 41쪽 참고.

33) 요소환원주의의 문제에 대해서는 장은성, 앞의 책, 57쪽 참고.

34) holon은 그리스어 holos(전체)와 on(존재자, 부분)을 합성하여 케슬러가 만든 조어인데, 보다 큰 전체 속에 있는 부분으로서, 부분이자 동시에 전체인 것을 의미한다. Koestler, *Ghost in the Machine*, London: Hutchinson, 1967, p.48, 린 마굴리스, 도리언 세이건, 황현숙 역, 『생명이란 무엇인가』,

4. 복잡계에는 항상성이 있다

시스템은 네거티브 피드백(엔트로피 감소, 질서화)을 통해 자신을 안정화한다. 그래서 시스템은 시스템이 받아들인 입력(input)과 시스템 속에 내적으로 코드화된 요건들 사이의 조화를 산출하고 유지하기 위해서, 시스템의 출력(output)을 조절해 안정을 도모한다.³⁵⁾ 이렇게 안정을 유지하려는 항상성에는 두 가지(constancy, homeostasis)가 있다. constancy로서의 항상성은 변화를 부정하는 항상성이고, 불변성을 전제로 하는 항상성이다. 이런 항상성은 변화를 거부하고 늘 자기동일성을 유지하려는 데 집착하기에, 언제나 딱딱하고 고정된 자세를 취할 수밖에 없다. 이에 비해 homeostasis로서의 항상성은 변화를 인정하는 항상성이고, 처처즉응(處處卽應)으로 상징되는 항상성이다. 이것은 변화 속에서 균형을 유지하는 것이기 때문에, 상당히 탄력적이고 유동적이다. 마치 체온의 변화가 온몸의 신경계나 내분비계의 반응을 유발하여, 외부환경의 변화에 대응해 내부 환경을 적절하게 변환 유지하는 것보다 흡사하며³⁶⁾, 주변의 변화에 민감하게 대응 변화해 그때마다의 변수를 감당해 치우침 없이 균형을 잡는 것을 가리킨다.

5. 복잡계는 자기 조직적이다

복잡계가 자기조직적이라는 것은 항상성과는 좀 다른 현상이다. 항상성은 정상(normal) 상태를 계속 유지하고자 하는 것인 데 반해서, 자기조직은 변화를 수용하면서 계속 새로운 것을 만들어내는 것을 가리킨다.³⁷⁾ 입력과 코드 사이의 부조화(엔트로피 증가)가 지속되면, 시스템은 시스템이 작용할 수 있는 새로운 패턴을 찾아 코드화(적용)한

지호, 1999, 26쪽 참고.

35) 시스템의 안정성으로서 항상성에 대해서는 박창근, 앞의 책, 133-139쪽 참고.

36) 유진 오덤, 이도원 외 역, 『생태학』, 사이언스북스, 2003, 50쪽 참고.

37) 복잡계가 자기조직화를 통한 적응 체계라는 점에 대해선 Mitchell Waldrop, 앞의 책, p.11 참고.

다. 포지티브 피드백(엔트로피 증가, 질서해체, 새로운 것 창출)을 수용함으로써 시스템의 구조는 분화되고 복잡해진다. 이처럼 생물의 진화는 복잡성이 증대되는 방향으로 나아간다.³⁸⁾ 이렇게 볼 때, 자기 조직화(self-organization)^란³⁹⁾ 네거티브 피드백(질서유지, 안정화)과 포지티브 피드백(질서해체, 새로운 것 창출) 그리고 다시 네거티브 피드백(질서유지, 안정화)의 순환 반복 과정을 통해, 창발적 질서와 복잡한 조직을 만들어가는 과정이라고 할 수 있다.

6. 복잡계는 부분임과 동시에 전체이다

기계론에서 보면, 부분은 부분이고 전체는 전체이며, 전체는 부분들의 집합으로 구성된다. 그러나 복잡계 시스템은 그 자체가 전체일 뿐만 아니라 더 큰 전체 속에 있는 부분이다. 세포이건 기관이건 원자이건 동물이건 자신의 하부 시스템을 포함하고 있으며, 또한 각각은 더 큰 시스템 속에 있는 하나의 하부 시스템이고, 각각의 기능의 측면에서는 없어서는 안 될 상호 한정적인 구성 요소이다. 따라서 각 시스템은 부분임과 동시에 전체, 즉 홀론(holon)이며, 복잡계는 계급적 위계 조직(hierarchy)이 아니라 평등한 계층 조직인 홀로나키(holonarchy=holon 부분인 동시에 전체+archy 계층 조직)를 이룬다.⁴⁰⁾ 이것은 일종의 일중일체(一中一切) 다즉일(多即一)의 조직이다.⁴¹⁾ 이런 조직에서는 자기 유사성(self-similarity)과 프랙탈(fractal) 현상이 일어난다.⁴²⁾ 자기 유사성이란 나무 가지처럼, 어느 ‘부분’을 선택하여 확대해도 ‘전체’의 모양과 정확히 같은 모양을 하고 있는 것을 가리키고, 프랙탈이란 그런 자기 유사성을 갖는 구조, 즉 부분이 전체와 같은 모습을

38) 에리히 얀치, 앞의 책, 301-311쪽, 케네스 볼딩, 이정식 역, 『토탈 시스템으로서의 세계』, 범양사출판부, 1990, 87쪽 참고.

39) 프리고진의 소산구조에서의 자기조직화에 대해서는 윤영수, 채승병, 앞의 책, 140쪽 참고.

40) 메이시, 앞의 책, 138쪽.

41) 김용운, 『카오스와 불교』, 사이언스북스, 2001, 80쪽 참고.

42) 장은성, 앞의 책, 52쪽, 김승환, 앞의 논문, 122-124쪽 참고.

하는 구조를 의미한다.

7. 복잡계는 개방적이다

각 시스템은 상호 작용을 하면서 상호 적응하는 기능을 통해, 보다 더 포괄적인 구조나 패턴들을 재조직한다. 이와 더불어 각 시스템은 에너지와 물질과 정보를 교환 소통하는 열린 체계이다.⁴³⁾ 다시 말해 전반적인 열역학적 경향(엔트로피 증가) 속에서도 생명 시스템은 열린 체계가 됨으로써, 질서를 유지하고 자기를 조직화하는 반(反)엔트로피적 성향을 지니는 것이다. 닫힌 시스템(closed system)에서는 엔트로피의 증가를 피할 수 없다. 그러나 모든 것이 닫힌 시스템일 뿐이라는 것은 추상적인 발상으로서, 우주 전체를 하나의 폐쇄된 세계로 간주하지 않는 이상, 실제의 자연 속에서는 존재하지 않는다. 열린 시스템(open system)은 환경으로부터 입력되는 것들에 반응하고 적응하면서 점점 더 복잡해지는 방향으로 진화한다. 이런 과정을 불교적으로 묘사하면 아래와 같다.

物	:	成	住	壞	空	成	住	壞	空
身	:	生	老	病	死	生	老	病	死
心	:	生	住	異	滅	生	住	異	滅
		엔트로피 감소	엔트로피 증가	엔트로피 감소	엔트로피 증가	엔트로피 감소	엔트로피 증가	엔트로피 감소	엔트로피 증가
		질서, 안정	무질서, 파국	질서, 안정	무질서, 파국	질서, 안정	무질서, 파국	질서, 안정	무질서, 파국

불교에서 보면, 물질(物)은 성주괴공 성주괴공을 반복하고, 유기체(身)는 생로병사 생로병사를 반복하며, 마음(心)은 생주이멸 생주이멸을 반복한다.⁴⁴⁾ 이때 성주 생로 생주의 단계는 엔트로피가 감소되어 질서를 찾고 안정되어서 유지되는 주(住)하는 경향을 가리킨다. 그러

43) 에리히 안치, 앞의 책, 398쪽, 박창근, 앞의 책, 174-176쪽 참고.

44) 法の 四相인 生相 住相 異相 滅相에 대해서는 『阿毘達磨俱舍論』, 卷5, 大正藏 29卷 27上 참고.

나 결국은 어느 단계에 가면 엔트로피가 증가될 수밖에 없고, 무질서와 파괴으로 갈 수밖에 없다(無住). 그래서 붕괴되어 허공으로 사라지고, 병들어 죽고, 달라져가면서 전 생각은 무너져 갈 수밖에 없지만 다시 또 반복이 되풀이된다. 그러므로 이런 과정은 엔트로피의 감소와 증가, 감소와 증가의 순환적 반복과 유사하다고 볼 수 있다. 그리고 일체가 이렇게 차이나는 반복을 계속하는 것은 모든 시스템이 개방적인 복잡계를 형성하고 있기 때문이다.

IV. 생태계와 법계

1. 생태계와 상호의존성

생태계란 ‘생물과 그 환경 간의 상호작용 체계’라고 정의할 수 있다. 따라서 생태계는 ‘생물’이라는 생물학적 구조와 생물을 제외한 ‘환경’이라는 무생물학적 구조로 구성되는데, 무생물학적인 ‘환경’은 물이나 흙이나 공기 중에 들어있는 각종의 원소들과 온도변화나 습도나 태양광선 등의 기상학적인 요소들로 이루어져 있다. 그리고 ‘생물’은 식물과 동물과 미생물로 나누어지며, 이것들은 다시 생태계 내에서 수행하는 역할에 따라 생산자와 소비자와 분해자로 나뉜다.⁴⁵⁾

여기서 생산자(producer)란 광합성 작용을 하는 식물들을 가리킨다. 식물은 광합성 작용을 통해 태양에너지를 이용하여 무기물로부터 유기물을 만들어내고, 호흡작용을 통해 이산화탄소를 흡수하고 산소를 배출한다. 이처럼 유기물과 산소를 만들어내기 때문에 식물을 일러 ‘생산자’라 하는 것이며, 식물이 생산한 유기물과 산소는 동물이나 미생물의 중요한 에너지원이 된다. 식물이 이렇게 생산자인 데 비해, 동물은 그런 생산물을 사용하는 ‘소비자(consumer)’이다. 소비자인 동물은 스스로 유기물을 합성하지 못하기 때문에, 필요한 영양분을 외

45) 하워드 오덤, 박석순 역, 『시스템 생태학 II』, 아르케, 2000, 845-955쪽 참고.

부로부터 섭취해야만 살아갈 수 있다. 즉 일차 소비자인 초식동물은 식물을 뜯어 먹음으로써, 이차 소비자인 육식동물은 다른 동물들을 잡아 먹음으로써, 그리고 최종소비자인 잡식성 인간은 동물과 식물을 모두 먹음으로써 유기물 등을 얻어야만 하는 것이다. 소비자의 이런 섭취 구조는 동물이 지닌 일종의 생물학적 업보(業報)라고 할 수 있다. 생산자와 소비자 이외의 제삼의 요소가 ‘분해자(decomposer)’이다. 분해자에는 세균이나 곰팡이나 바이러스 등의 미생물이 속한다. 이들은 생산자인 식물과 소비자인 동물의 사체를 분해하여, 유기물질을 무기물로 되돌려 놓는다. 이런 분해자의 역할을 통해 식물은 다시 광합성을 할 수 있는 원료를 마련하여 유기물을 또다시 생산해낸다.

이렇게 볼 경우, 생산자와 소비자와 분해자 각각이 주어진 역할을 제대로 수행할 때 생물군집이라는 공동체가 유지될 수 있는 것이며, 생물학적 요소들이 생산-소비-분해의 과정을 반복함으로써 생태계의 모든 물질은 결코 고정되지 않고 순환한다는 것을 알 수 있다. 생산자에 의해 흡수 동화된 무기물은 유기물로 합성된 다음, 소비자에 의해 영양 단계별로 이용되고, 그렇게 축적된 유기물은 분해자에 의해 무기물로 환원된 후 다시 생산자에게 흡수되는 것이다.⁴⁶⁾ 이것은 생태계의 구조가 생산자-소비자-분해자 사이의 물질적 ‘순환성’과 각 단계 서로 간의 ‘상호의존성’으로 형성되어 있음을 보여준다. 분해되지 않으면 생산될 수 없고 생산되지 않으면 소비될 수 없다는 사실 속에 담긴 순환성(circularity)과 상호의존성(interdependence)이 생태계의 구조적 원리인 것이다.

생태계의 구조 속에 담긴 상호의존성의 원리는, 생물이 환경과 상호작용을 함으로써 지구상에 생물이 살기 좋도록 스스로 안정된 체계를 이루어왔다는 점에서도 확인된다. 지구 탄생 초기의 원시 대기에는 이산화탄소가 98%를 차지하고 있었고 산소는 거의 제로에 가까웠으나, 현재의 대기 중 이산화탄소는 0.03%로 급격하게 줄어든 반면 산소는 21%로 크게 늘어났다. 이런 엄청난 변화는 대륙의 형성과 아

46) 생태계의 물질 순환에 대해서는 유진 오덤, 앞의 책, 152-159쪽 참고.

올려 생겨난 석회암층이 이산화탄소를 가두어 두었고, 바다 속의 원시미생물이 산호초를 형성함으로써 이산화탄소를 흡수하였을 뿐만 아니라, 식물이 탄생하여 광합성 작용과 호흡작용을 통해 이산화탄소를 흡수하고 산소를 배출하는 일 등을 계속해 왔기 때문에 가능하게 되었다. 그리하여 약 6억 년 전에 형성된 현재의 산소 농도 21%는 그 후 약 1억 9천만 년 전에 포유동물이 출현하고, 그 후 약 10만 년 전에 현대인과 유사한 네안데르탈인이 나온 뒤에도 흔들림 없이 균형을 유지해오고 있다. 이것은 생물이 환경과 상호작용을 하여, 자신에게 유리한 조건의 형성을 위해 자기를 조절하여 항상성(homeostasis)을 유지해온 결과이다.

이상의 분석을 통해 우리는 생태계의 구조적 원리가 ‘순환성’과 ‘항상성’에 있고, 이 양자는 ‘상호의존성’에 기초하고 있음을 알 수 있다. 상호의존성(interdependence) 즉, 생명 과정들 상호 간의 의존성이야말로 모든 생태적 관계의 본질이다.⁴⁷⁾ 생태적 공동체의 모든 구성원들은 생명의 그물(web of life)이라고 하는 거대하고 복잡한 관계들의 연결망(network) 속에서 상호 관련되어 있다. 그 구성원들은 자신들의 본질 자체를 다른 것과의 관계에서 획득한다. 다시 말해 한 개체의 고유한 본질이란 원래부터 타고난 자기만의 불변적인 어떤 것(essence)이 아니라, 전체 네트워크상의 함수(function) 관계 속에서 시공적 인연에 따라 설정되는 잠정적인 어떤 것(prajñapti, 假施設)이다. 따라서 개체 속에 전체가 반영되어 있고, 전체 속에서 개체는 각각의 소중한 의미를 지닌다. 즉 하나 가운데 일체가 있고, 여럿 가운데 하나가 있는 것이다(一中一切 多中一). 이처럼 상호의존성에 입각해 부분과 전체가 상즉상입(相卽相入)의 조화를 이루고 있는 것이 생태계이다.

47) 프리츠프 카프라, 김용정 역, 『생명의 그물』, 범양사출판부, 1998, 390쪽, 도널드 워스터, 강현 역, 『생태학: 그 열림과 닫힘의 역사』, 아카넷, 2002, 392-419쪽 참고.

2. 법계와 연생성

그런데 순환성과 항상성의 기초가 되는 이런 상호의존성을 불교식으로 표현하면, 바로 연기이다. 연기(緣起, *pratītyasamutpāda*)란 세상의 모든 것은 무수한 조건(*pratītya*)들이 서로 합성 화합(*sam*)하여 발생(*utpāda*)한다는 것을 가리키며, 그렇기 때문에 영어로는 *interdependence*(상호의존성)라고 옮긴다. 그리고 이처럼 ‘여러 조건들이 화합하여 생긴다’는 뜻의 중연화합생기(衆緣和合生起) 속에 이미 상호의존성으로서의 연기(緣起)와 중생(衆生)이 포함되어 있다는 데서도 알 수 있듯이, 불교에서는 이런 상호의존성에 의하여 성립된 생명체를 중생이라고 부른다.

이런 관점에서 볼 때 세계는 시작도 끝도 없는(無始無終) 직간접의 조건들(因緣)의 연쇄적 그물망(因陀羅網)으로 표상되며, 길가의 이름 없는 풀 한 포기에도 전 우주의 역사가 함장되어 있듯이, 모든 것에는 모든 것이 층층이 겹쳐 융섭하는 것(重重無盡緣起)이 마치 연씨가 서로 겹치는 것과도 같으므로 우주는 연화장세계(蓮華藏世界)라고 표현된다. 또한 이런 인드라의 그물망이나 중중무진의 연화장세계를 이루게 하는 원리가 연기이고, 이 연기야말로 삼라만상의 근본 이치로서의 다르마(*dharma*), 즉 법(法)이므로, 연기에 의해 성립된 온 생명의 큰 바다를 법계(法界)라고 부른다.⁴⁸⁾ 즉 연기라는 원리에 의해 관류되어 있는 세계, 상호의존하여 이루어진 모든 존재자로서의 일체법이 법계(法界, *dharma-dhātu*)이고, 이런 연기한 제법을 관통하는 근본적인 성격, 또는 연기한 모든 존재자를 그렇게 존재하게 하는 원리로서의 연생성(緣生性, *pratītyasamutpannatva*)은 법성(法性, *dharmatā*)이다. 그리고 이런 법성의 법계를 자연(自然)이라는 한자식 표현에 맞추어 볼 경우 법연(法然)이 된다. 불교적 의미에서 자연은 법연이고, 자연계는 법계이며, 그런 자연의 본성은 연기성으로서의 법성이라고 할 수 있다.⁴⁹⁾

48) 본각, 『화엄교학의 法界義의 고찰』, 『중앙승가대학교 교수논문집』 7집, 1998, 107쪽 참고.

49) 김종욱, 『불교생태철학』, 동국대출판부, 2004, 27쪽.

서양인에게서 자연의 본성이 제작성(고대)과 창조성(중세)과 기계적 인과성(근대)이고, 도가에서는 무위자연성(無爲自然性)인 데 비해, 불교에서는 무상성(無常性, *anityatā*)과 무아성(無我性, *anātmatva*)과 공성(空性, *sūnyatā*)을 특징으로 하는 상호의존성, 즉 연생성(緣生性)이 자연의 본성(法性)인 것이다. 이러한 연생성으로서의 법성이야말로 모든 존재자의 있는 그대로의 실태를 보여주는 것이므로 제법실상(諸法實相, *dharmatā*)이라고도 한다. 그렇다면 여기서 우리는 놀라운 하나의 일치점을 발견하게 된다. 그것은 비선형 복잡계와 생태계와 법계가 그 본질을 상호의존성과 연기성으로 공유하고 있다는 점이다.⁵⁰⁾ 현대의 종합 과학으로서 시스템학과 생태학이 발견한 세계인 비선형계와 생태계는 불교적으로 표현하면 한마디로 법계이다.

V. 맺는말

생태계가 곧 법계라는 것은 현대의 절박한 화두인 생태계의 파괴 문제를 해결하는 데 불교가 기대 이상의 바람직한 기여를 할 수 있다는 것을 암시하며, 아울러 불교와 생태학이 각자의 영역 세계를 바라보는 시각을 공유함으로써, 생산적 만남을 향한 건전한 출발점의 토대를 마련하기 위한 단서를 제공해 준다고 볼 수 있다.

또한 생태계가 복잡계라는 것은, 생태계가 열린 시스템이라는 것이고, 이는 생태계에서 에너지와 물질과 정보가 흐르는 것을 막는 인위적 왜곡을 최대한 자제해야 한다는 당위적 명제를 도출케 한다. 생태계에서 에너지와 물질과 정보는 막힘없이 흘러가야 한다. homeostasis적인 항상성의 입장에서 보면, 이산화탄소를 많이 배출해도 지구 자체의 항상성은 유지된다는 주장부터, 이산화탄소 배출을 당장 줄여야 한다는 주장까지 다 나올 수 있다. 그러나 한 가지 분명한 것은 지구

50) 이도원, 『생태학에서의 시스템과 상호의존성』, 에코포럼 편, 『생태학적 상호의존성과 인간의 욕망』, 동국대출판부, 2006, 37쪽 참고.

생태계는 오픈 시스템이기 때문에 그 흐름을 막는 것, 다시 말해 적어도 흐름을 인위적으로 차단하는 것만큼은 막아야 된다는 당위적 명제를 도출할 수 있다.

참고문헌

- 『中論』.
- 『阿毘達磨俱舍論』.
- 김승환, 「복잡성의 과학: 자연 속의 숨은 질서」, 에코포럼 편, 『생태학적 상호의존성과 인간의 욕망』, 동국대출판부, 2006.
- 김영식 편저, 『과학사개론』, 다산출판사, 1990.
- 김용운, 『카오스와 불교』, 사이언스북스, 2001.
- 김종욱, 「레고사유에서 그물사유로」, 『철학논총』, 47집, 새한철학회, 2007.
- 김종욱, 『불교생태철학』, 동국대출판부, 2004.
- 박창근, 『시스템학』, 범양사출판부, 1997.
- 본각, 「화엄교학의 法界義의 고찰」, 『중앙승가대학교 교수논문집』 7집, 1998.
- 윤영수, 채승병, 『복잡계개론』, 삼성경제연구소, 2006.
- 이도원, 「생태학에서의 시스템과 상호의존성」, 에코포럼 편, 『생태학적 상호의존성과 인간의 욕망』, 동국대출판부, 2006.
- 장은성, 『복잡성의 과학』, 전파과학사, 1999.
- 최종덕, 『부분의 합은 전체인가』, 소나무, 1995.
- 도널드 워스터, 강현 역, 『생태학: 그 열림과 닫힘의 역사』, 아카넷, 2002.
- 에리히 안치, 홍동선 역, 『자기 조직하는 우주』, 범양사출판부, 1989.
- 유진 오덤, 이도원 외 역, 『생태학』, 사이언스북스, 2003.
- 프리츠포 카프라, 김용정 역, 『생명의 그물』, 범양사출판부, 1998.
- 하워드 오덤, 박석순 역, 『시스템 생태학 II』, 아르케, 2000.
- 일리아 프리고진, 이사벨 스텐저스, 유기풍 역, 『혼돈 속의 질서』, 민음사, 1990.
- 조애너 메이시, 이종표 역, 『불교와 일반시스템이론』, 불교시대사, 2004.
- 케네스 볼딩, 이정식 역, 『토탈 시스템으로서의 세계』, 범양사출판부, 1990.
- 루드비히 폰 베르탈란피, 현승일 역, 『일반체계이론』, 민음사, 1990.
- 슈테판 그레시크, 박상화 역, 『카오스와 카오스의 질서』, 자음과 모음

음, 2010.

스티븐 존슨, 김한영 역, 『이머전스』, 김영사, 2004.

David Z. Rich, *Order and Disorder*, Praeger Publishers, 2001.

Klaus Mainzer, *Thinking in Complexity*, Springer Verlag, 1997.

Koestler, *Ghost in the Machine*, London: Hutchinson, 1967.

Mitchell Waldrop, *Complexity: The Emerging Science at the Edge of
Order and Chaos*, Simon & Schuster, 1992.

Monier Williams, *Sanskrit-English Dictionary*, Oxford, 1960.

Roger Lewin, *Complexity: Life at the Edge of Chaos*, The University
of Chicago Press, 1999.

ABSTRACT

The Ecosystem and Dharma-dhātu as a Complex System

Kim, Jong-Wook

The complex system is defined as a system of the nonlinear interaction of components. The complexity is not a disordered complication but a feedback composition of the old structure collapse (positive entropy, positive feedback) and the new structure creation (negative entropy, negative feedback). Because this complexity of the circular feedback is similar with that of the continuous cycling of the overlapped repetitions, the complex system implies the endlessly doubled dharma-dhātu in Huayen Buddhism.

The complex system is characterized by nonlinear causality, emergence, nonreduction, homeostasis, self-organization, nonhierarchy, and openness. In this system a whole is more than just the sum of its parts. And the nonlinear interaction of cause and effect means interdependence with multiple conditions, so the nonlinear complex system thought may be called the net-style thought and indra-jala thought. An open system for the exchange of energy, materials and information, the complex system resembles an ecosystem. An ecosystem is characterized by its circularity and homeostasis, which are based on interdependence. In Buddhism, this interdependence is called *pratīyasamutpāda*. The world penetrated with this interdependence and all dharmas composed with interdependent beings are dharma-dhātu.

Because the nonlinear complex system, the ecosystem and dharma-dhātu have in common the principles of interdependence, the nonlinear world and ecosystem to be discovered in the complexity of science and ecology as a contemporary integrated science imply the Buddhist dharma-dhātu.

Keywords: Complex System, Nonlinear Causality, Chaos, Emergence, Homeostasis, Self-organization, Openness, Ecosystem, Dharma-dhātu